

# Pengaruh Lama Penyinaran Gelombang Mikro terhadap Pembentukan Struktur dan Sifat Thermal Karbon Hitam dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) dan Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*)

Rahma Rei Sakura dan Hosta Ardhyananta

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hostaa@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Bambu merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki bentuk batang tinggi, berongga, berbentuk bulat dan memiliki kekuatan yang baik. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh proses penyinaran gelombang mikro terhadap pembentukan struktur dan sifat thermal karbon hitam dari bambu ori (*Bambusa arundinacea*) dan bambu petung (*Dendrocalamus asper*). Metode sintesis karbon hitam yaitu dengan melakukan penyinaran gelombang mikro dengan variasi lama penyinaran selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit, serta variasi daya 400, 600, dan 800 watt. Pengujian nilai kalor terhadap karbon hitam untuk mengetahui potensi bahan bakar. Perubahan gugus fungsi diuji dengan Fourier Transforms Infrared Spectrometer. Untuk mengidentifikasi senyawa atau fasa, dilakukan pengujian X-Ray Diffraction. Struktur mikro akan dipelajari menggunakan uji Scanning Electron Microscope. Hasil dari pengujian tersebut yaitu semakin lama pemanasan gelombang mikro, maka berat sisa yang dihasilkan semakin sedikit. Semakin tinggi daya, maka karbon yang dihasilkan semakin homogen. Waktu pemanasan yang semakin lama, mengakibatkan karbon yang terbentuk semakin baik dan homogen.

**Kata kunci**—bambu ori, bambu petung, karbon hitam, variasi lama penyinaran

## I. PENDAHULUAN

KARBON HITAM banyak digunakan untuk bahan dasar pembuat tinta, semir, cat, sedangkan dengan pencampuran bahan polimer telah luas digunakan misalnya dengan polietilena sebagai kabel [1]. Karbon hitam mempunyai rapat masa antara 2-3 lb/ft<sup>2</sup> [2]. Dasar pembuatan karbon hitam adalah pengubahan senyawa hidrokarbon menjadi Karbon dan Hidrogen melalui proses pembakaran dalam ruang vakum [3]. Karbon dapat sebagai bahan pengisi kompon [4]. Karbon hitam dapat digunakan sebagai filler yang ditambahkan ke dalam suatu matriks nonkonduktor [5].

Karbon hitam adalah suatu bahan amorf yang dihasilkan secara thermal atau dekomposisi oksidatif hidrokarbon-hidrokarbon. Dalam suatu senyawa, karbon hitam adalah konduktor, dan hantaran listriknya dipengaruhi oleh kebersihan permukaan, kehalusan dan struktur karbon. Resistansi listrik umumnya diukur sebagai logaritma dari

resistensi persentimeter kubik ( $\Omega/\text{cm}^3$ ) dengan permukaan yang bersih (bebas dari oksigen atau minyak).

Penelitian ini akan diteliti penggunaan bambu sebagai karbon hitam dengan alasan harganya yang terjangkau, mudah didapatkan, dan tidak berbahaya. Bambu merupakan keluarga dari anggota batang kayu-rumput yang mencakup kira-kira 1250 spesies dengan 75 generasi di dunia terutama karbon dan oksigen (melebihi 90% dari berat), bambu digunakan untuk banyak variasi aplikasi seperti konstruksi dan memperkuat fiber, kertas, tekstil dan papan, makanan dan bahan bakar [6]. Bahan pengisi karbon digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan sifat mekanik, listrik ataupun tahan gesekan [7]. Karena karbon mempunyai luas permukaan yang sangat besar, maka sering menyerap molekul air, asam, atau basa.

Semakin tinggi temperatur karbonisasi kayu, maka kandungan karbonnya akan semakin tinggi sedangkan kandungan oksigen dan hidrogennya semakin berkurang [8]. Secara anatomi dan kimiawi bambu dan kayu hampir sama [9]. Karbon hitam dengan pencampuran bahan polimer misalnya pada termoplastik, elastomer [10].

Penelitian ini menggunakan *microwave* (gelombang mikro) dalam pembuatan karbon hitam. Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF), yaitu diatas 3 GHz ( $3 \times 10^9$  Hz). Jika gelombang mikro diserap oleh sebuah benda, akan muncul efek pemanasan pada benda tersebut karena gelombang mikro dapat bekerja begitu cepat dan efisien.

## II. METODE PENELITIAN

Pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro terhadap pembentukan struktur dan sifat thermal karbon hitam dari bambu ori (*Bambusa arundinacea*) dan bambu petung (*Dendrocalamus asper*). Bambu yang digunakan adalah tiga ruas dari bagian bawah bambu. Penelitian ini dilakukan penyinaran gelombang mikro dengan pengaturan waktu yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 menit. Penyinaran gelombang mikro dilakukan dengan daya 400, 600, dan 800 Watt.

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu. Bambu yang digunakan adalah bambu dari daerah Jawa, yaitu bambu petung (*Dendrocalamus asper*) dan bambu ori (*Bambusa arundinacea*). Spesimen dari material bambu diambil dari ruas bawah pohon yaitu 2-3 ruas bawah.

Prosedur penelitian dilakukan dengan langkah yaitu pertama, reparasi bambu dengan cara memotong bambu dengan ukuran  $1.5 \times 10$  cm dan berat 5 gram. Kedua, bambu yang telah dipotong dimasukkan ke dalam microwave. Kemudian dipanaskan pada waktu yang telah ditentukan, yaitu selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit dengan daya 400, 600, dan 800 Watt. Setelah mencapai batas waktu yang ditentukan, sample diangkat dan didinginkan di udara. Pengambilan sample dilakukan pada masing-masing waktu yang diujikan, kemudian dilihat produksi berat (yield) yang dihasilkan dari yield awal. Karbon yang dihasilkan tidak homogen, kemudian dilanjutkan dengan pemanasan cepat menggunakan tungku temperatur  $300^\circ\text{C}$  dengan heating rate  $30^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Masing-masing sample tersebut dilakukan uji FTIR menggunakan alat Nicolet I S10, XRD menggunakan alat PW 3040/60 X'Pert PRO Instrumen Enclosure, SEM menggunakan alat FEI INSPECT S50, TGA menggunakan alat STAR<sup>o</sup> System, dan Bomb Calorimeter menggunakan alat IKA C200.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Efek Preparasi Penyinaran Gelombang Mikro terhadap Pembentukan Karbon Hitam

Pembentukan karbon hitam bambu dengan menggunakan gelombang mikro dilakukan dengan variasi daya yaitu 400, 600, dan 800 Watt. Preparasi variasi bambu petung terhadap pembentukan karbon hitam dengan daya 400, 600, dan 800 Watt, selama 1 menit radiasi dan waktu pemanasan bertahap yaitu radiasi persatu menit.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengaruh daya terhadap pembentukan karbon hitam pada bambu petung dengan daya 400, 600, dan 800 Watt, selama 1 menit radiasi yaitu semakin besar daya yang dihasilkan maka berat sisa pada bambu petung semakin kecil. Keterangan pada tabel telah dijelaskan bahwa bambu petung mengalami pemanasan gelombang mikro yang tidak merata dengan hasil pada bambu petung yang memiliki warna tidak homogen. Hal ini disebabkan karena pada alat gelombang mikro terdapat banyak celah yang langsung kontak dengan udara sekitar sehingga oksigen yang terdapat di dalam alat gelombang mikro sangat banyak. Permasalahan ini yang membuat bambu tidak dapat mengalami pemanasan yang maksimal dan hasil yang tidak homogen. Data hasil pada percobaan pada gambar 1 menunjukkan bahwa bambu petung tidak dapat radiasi yang merata karena alat yang tidak dapat vacuum dan radiasi selama 1 menit saja.

Data hasil percobaan pada tabel 2 dan gambar 2 menunjukkan bahwa bambu tetap tidak dapat homogen dengan daya 800 Watt. Hal ini dikarenakan sama seperti pada percobaan pertama yang menunjukkan bahwa gelombang mikro tidak dapat memberikan radiasi yang merata. Apabila radiasi gelombang mikro dimaksimalkan hingga waktu yang cukup lama, misal pada waktu 4 menit, maka bambu petung tersebut akan mengalami kebakaran didalam alat gelombang mikro dan yield atau berat sisa yang dihasilkan sedikit karena bambu petung menjadi abu.

Tabel 1.  
Efek Daya terhadap Pembentukan Karbon Hitam pada Bambu Petung selama 1 menit radiasi

Daya	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )	Berat awal ( $m_1$ ) gram	Berat akhir ( $m_2$ ) gram	Yield (%) berat	Keterangan
400	125,1	5,52 gram	4,87 gram	88,22	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitamanyang tidak merata (tidak homogen)
600	180	5,47 gram	4,79 gram	87,56	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitamantidak homogen
800	172,4	5,56 gram	4,80 gram	86,33	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitamantidak homogen



(a)



(b)

Gambar. 1. Bambu petung (a) sebelum diberi perlakuan (b) radiasi pemanasan gelombang mikro selama 1 menit.

Tabel 2.  
Efek Waktu terhadap Pembentukan Karbon Hitam pada Bambu Petung dengan Daya 800 Watt

Waktu (t)	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )	Berat awal ( $m_1$ ) gram	Berat akhir ( $m_2$ ) gram	Yield (%) berat	Keterangan
1	108	5,56 gram	4,94 gram	88,84	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
2	123,1	5,56 gram	4,80 gram	86,33	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
3	172,4	5,56 gram	4,19 gram	75,35	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen



Gambar. 2. Bambu petung dengan radiasi gelombang mikro daya 800 watt selama 3 menit.

Tabel 3.

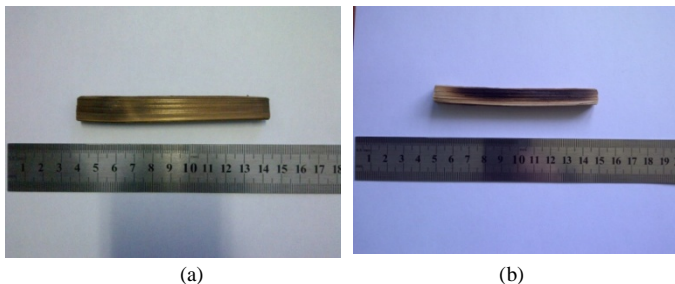
Efek Kulit Bambu terhadap Pembentukan Karbon Hitam pada Bambu Petung dengan Daya 800 Watt dan Waktu 3 menit

Material	Temperatur (°C)	Berat awal (m <sub>1</sub> )	Berat akhir (m <sub>2</sub> )	Yield (%) berat)	Keterangan
Bambu petung tanpa kulit	172,4	5,56 gram	4,19 gram	75,35	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
Bambu petung dengan kulit	208,6	5,49 gram	4,20 gram	76,50	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen

Tabel 4.

Efek Jenis Bambu terhadap Pembentukan Karbon Hitam dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit

Material	Temperatur (°C)	Berat awal (m <sub>1</sub> )	Berat akhir (m <sub>2</sub> )	Yield (%) berat)	Keterangan
Bambu Petung	123,1	5,56 gram	4,80 gram	86,33	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
Bambu Ori	467	5,42 gram	2,10 gram	38,74	Bambuberubah menjadi hitam sebagian karena terbakar tetapi tetap tidak homogen



Gambar. 3. (a) Bambu petung tanpa kulit (b) Bambu petung dengan kulit.

Percobaan selanjutnya diteliti tentang bagaimana pengaruh kulit bambu terhadap pembentukan karbon hitam pada bambu petung. Sampel yang diteliti yaitu kulit dari bambu petung karena bambu petung memiliki berat sisa yang tinggi dan nilai kalor yang tinggi

Tabel 3 menunjukkan bahwa bambu petung kulit memiliki yield atau berat sisa yang lebih tinggi, sedangkan bambu petung tanpa kulit memiliki berat sisa yang lebih rendah. Terlihat pada gambar 3 bambu petung diatas memiliki perbedaan. Perbedaan yang nampak jelas adalah bambu petung dengan kulit lebih mudah terbakar karena memiliki kulit dimana di dalam kulit bambu terdapat lebih banyak kadar air, sehingga akan menyebabkan bambu lebih mudah terbakar dan menjadi hitam. Apabila lama radiasi gelombang mikro dimaksimalkan, maka bambu petung dengan kulit juga akan terbakar karena sifat dasar pada bambu petung yang mudah terbakar. Percobaan selanjutnya akan diteliti tentang pengaruh jenis bambu. Bambu petung akan dibandingkan dengan bambu ori, karena bambu ori memiliki kekuatan yang tinggi, nilai kalor yang tinggi tetapi masih berada diposisi bawah dari bambu petung.

Data pada tabel 4 menunjukkan bahwa bambu ori memiliki sifat yang lebih mudah terbakar karena pada gambar 4 diatas jelas diketahui bambu ori terbakar dalam waktu 2 menit dengan radiasi gelombang mikro berdaya 800 Watt. Bambu ori juga memiliki berat sisa yang rendah yaitu 38,74 % dari berat semula karena bambu ori terbakar dan sebagian menghitam menjadi abu.

Salah satu hal penting yang mempengaruhi yield atau berat sisa dari bambu petung yaitu loading (variasi berat atau massa). Perengaruh loading pada penelitian ini perlu di teliti karena data yang disebutkan dapat bermanfaat dan dapat menjadi pembandingan dalam penelitian selanjutnya. Percobaan ini dilakukan pada bambu petung karena bambu petung yang memiliki yield lebih baik dari pada bambu ori.

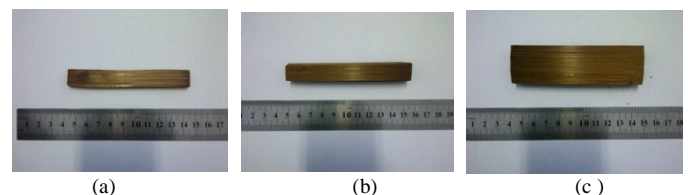


Gambar. 4. (a) Bambu petung dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit (b) Bambu Ori dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit.

Tabel 5.

Efek Berat Bambu Petung terhadap Pembentukan Karbon Hitam dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit

Berat (gr)	Temperatur (°C)	Berat awal (m <sub>1</sub> )	Berat akhir (m <sub>2</sub> )	Yield (%) berat)	Keterangan
5	123,1	5,56 gram	4,80 gram	86,33	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
10	130	10,94 gram	8,64 gram	78,97	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen
20	140,3	20,00 gram	15,59 gram	77,95	Bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tidak homogen



Gambar.5. (a) Bambu petung 5 gr dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit (b) Bambu petung 10 gr dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit (c) Bambu petung dengan Daya 800 Watt dan Waktu 2 menit.

Hasil yang terdapat pada tabel 5 dan gambar 5 diatas menunjukkan bahwa berat sisa yang dihasilkan bambu petung dengan variasi berat atau massa yaitu yang paling baik terdapat pada bambu petung yang memiliki berat 5 gr. Bambu

petung dengan berat 5 gr menunjukkan bambu tersebut memiliki yield yang tinggi yang artinya semakin sedikit berat yang diproses dalam penelitian ini, maka yield yang dihasilkan akan meningkat tetapi dengan ketentuan daya 800 Watt dan radiasi gelombang mikro selama 2 menit. Data yang didapat untuk percobaan ini, menghasilkan yield yang tinggi pada berat bambu petung 5 gr, tetapi karbon yang dihasilkan masih sedikit yang dapat terlihat pada gambar 5 yaitu bambu berubah warna menjadi coklat kehitaman tetapi tidak homogen.

#### B. FTIR (Fourier Transforms Infrared Spectrometer)

Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi. Pada gambar 6 terlihat bahwa grafik bambu petung hijau dan bambu ori hijau tidak banyak perbedaan. Puncak-puncak pada bambu petung hijau yaitu 1031, 2915, dan 3282  $\text{cm}^{-1}$ . Sedangkan puncak-puncak pada bambu ori yaitu 1031, 2921, dan 3293  $\text{cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan bahwa ikatan kimia pada bambu petung hijau dan bambu ori hijau yaitu O-H Stretch. Gugus fungsi yang terdapat pada kedua bambu hijau tersebut yaitu alkohol dan alkanes. Bambu petung hijau dan bambu ori hijau terdeteksi adanya lignin dan selulosa yang dapat dilihat dari ikatan kimianya.

Gambar 7 di atas menunjukkan gambar grafik FTIR dari bambu petung dengan pemanasan gelombang mikro dengan daya 800 watt selama 3 menit dan bambu petung hijau. Pada gambar 7, ditunjukkan bahwa bambu petung dengan pemanasan gelombang mikro daya 800 watt selama 3 menit, selulosanya berkurang tetapi masih memiliki puncak. Hal ini berarti proses pemanasan gelombang mikro tersebut menghasilkan karbon yang tidak homogen.

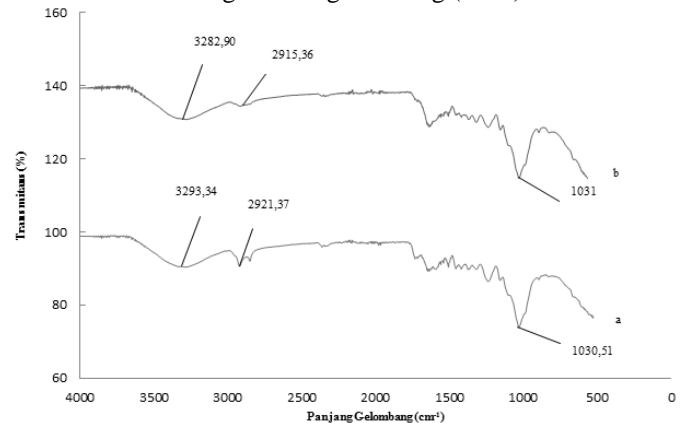
Pemansan gelombang mikro pada bambu mempengaruhi ikatan kimia dan gugus fungsi yang terdapat pada bambu tersebut. Dapat dilihat bahwa pada gambar 7, semakin naik temperatur pemanasan pada bambu, maka ikatan kimia pada bambu tersebut akan semakin sedikit. Pada bambu petung dengan pemanasan gelombang mikro daya 800 watt selama 3 menit, memiliki ikatan kimia O-H semakin sedikit karena pengaruh pemanasan. Begitu juga dengan ikatan kimia yang lain seperti C-H dan C-O. Apabila bambu petung diberi perlakuan dengan pemanasan, maka ikatan kimia yang ada semakin sedikit. Hal ini membuktikan bahwa pemanasan bambu menggunakan gelombang mikro memberikan pengaruh pada ikatan kimia bambu. Gugus fungsi pada bambu masih terdapat lignin dan selulosa setelah diberi perlakuan.

#### C. XRD (X-Ray Diffraction)

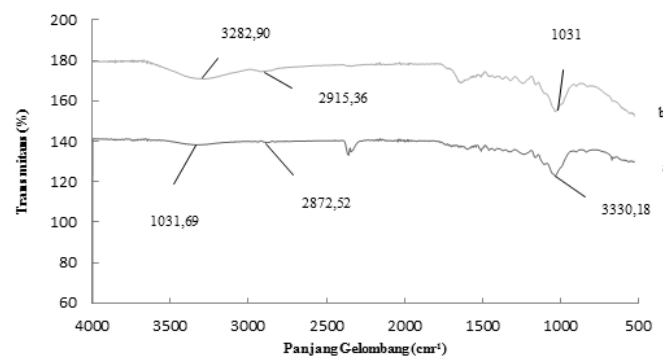
Pengujian XRD ini bertujuan untuk mengetahui fasa yang ada pada material bambu. Data hasil XRD tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik peak tiap mineral, prosentase mineral, dan tingkat kristalin mineral yang ada. Dalam hal ini, pengujian XRD yang dilakukan pada material bambu ori hijau, bambu petung hijau, dan bambu petung dengan pemanasan menggunakan gelombang mikro daya 800 watt selama 3 menit.

Gambar 8 menunjukkan gambar grafik XRD. Pada gambar tersebut terlihat bahwa puncak 2 theta pada bambu petung 800 watt 3 menit yaitu pada 2 theta sebesar 28,4232 dan 40,5373. Berdasarkan kartu JCPDS nomer 76-2378, bambu petung 800 watt 3 menit memiliki struktur kristal hexagonal dengan

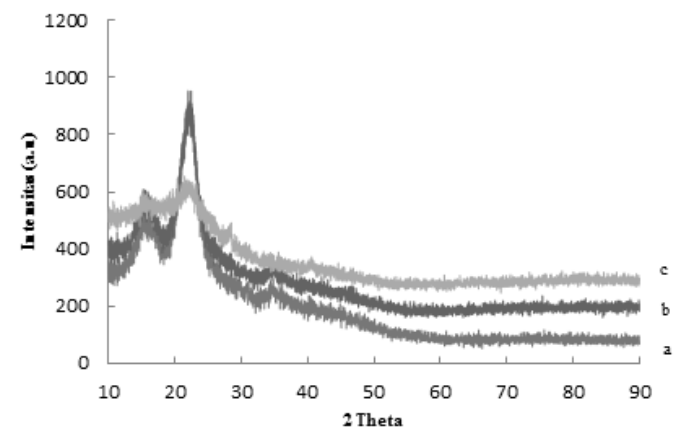
bidang (1 0 1). Sedangkan pada puncak 40,5373 memiliki struktur Kristal hexagonal dengan bidang (1 0 1).



Gambar. 6. Spektrum Infra Merah (a) Bambu Ori Hijau (b) Bambu Petung Hijau.



Gambar. 7. Spektrum Infra Merah (a) Bambu Petung Hijau (b) Bambu Petung 800 watt 3 menit.



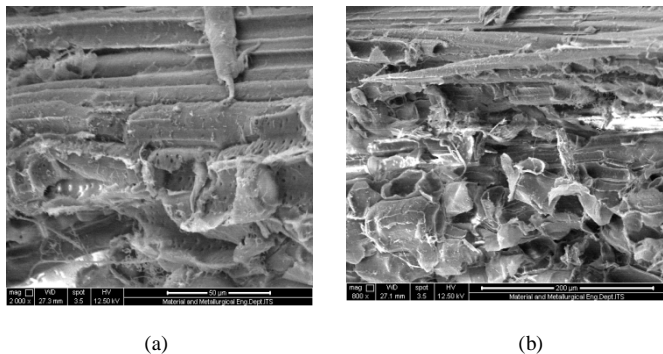
Gambar. 8. XRD Bambu ori hijau, Bambu petung hijau, dan Bambu Petung 800 watt, 3 menit.

#### D. Morfologi Karbon Hitam Bambu

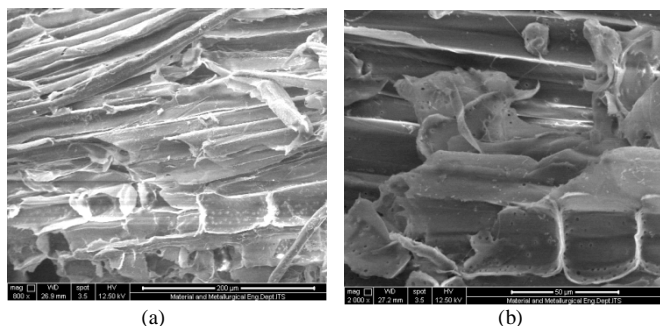
Gambar 9 di bawah ini menunjukkan gambar morfologi bambu petung hijau. Pada gambar (a) dan (b) menunjukkan arah serat pada bambu petung dan bambu ori. Perbesaran gambar yang diambil yaitu perbesaran 600x. Berikut gambar hasil pengujian morfologi pada bambu petung dan ori. Pada gambar 9 (a), bambu ori hijau menunjukkan adanya serat yang searah. Gambar serat yang searah menunjukkan bahwa bambu tersebut memiliki arah serat yang homogen. Arah serat yang searah ini mengakibatkan bambu memiliki kekuatan diarah serat bambu. Pada gambar 9 (b) terlihat bahwa terdapat pori pada lignin bambu ori hijau. Lignin



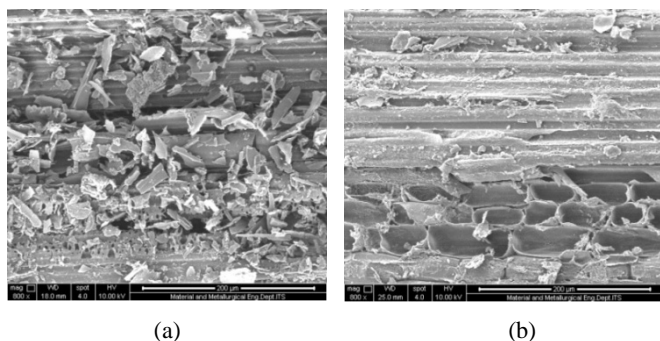
bambu ori hijau tersebut ditunjukkan pada bagian yang membentuk sel-sel.



Gambar.9. Hasil Pengujian Morfologi (a) Bambu ori hijau dengan perbesaran 800x (b) Bambu ori hijau dengan perbesaran 2000x



Gambar.10. Hasil Pengujian Morfologi (a) Bambu petung dengan perbesaran 800x (b) Bambu petung dengan perbesaran 2000x



Gambar.11. Hasil Pengujian Morfologi (a) Bambu petung P = 800 Watt dan t = 3 menit dengan perbesaran 800x (b) Bambu ori P = 800 Watt dan t = 2 menit dengan perbesaran 800x

Gambar 10 (a), pada bagian atas gambar terlihat bahwa selulosa atau serat pada bambu memiliki arah yang kontinue dan homogen. Sedangkan pada gambar 10 (a), pada bagian bawah menunjukkan bahwa lignin atau matriks pada bambu membentuk sel-sel.

Gambar 10 (b) menunjukkan bahwa pada bambu petung dengan perbesaran 2000x dapat terlihat pori. Hal ini berarti pada bambu petung hijau (tanpa perlakuan) memiliki pori pada lignin atau matriks bambu. Sedangkan pada selulosa bambu petung hijau terdapat sedikit pori dibandingkann dengan ligninnya.

Pada gambar 11 (a) menunjukkan bahwa bambu petung dengan pemanasan menggunakan gelombang mikro dengan daya 800 watt selama 3 menit masih tetap terlihat adanya lignin dan selulosa pada bambu tersebut. Gambar yang menunjukkan adanya lignin yaitu pada bagian bawah gambar

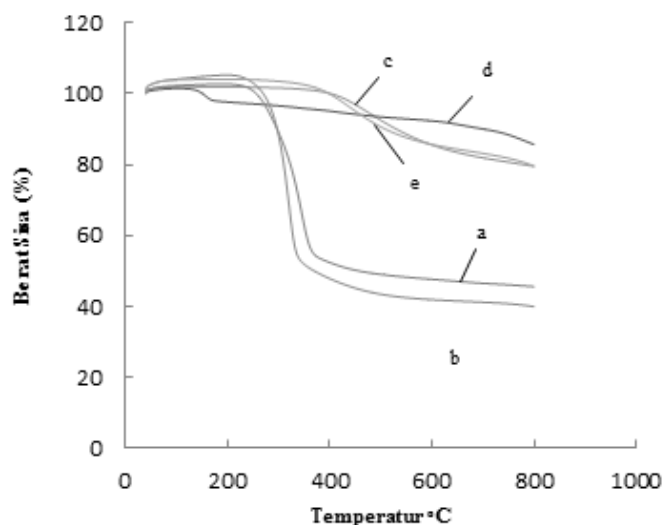
terlihat bentuk yang terkotak-kotak tetapi sudah tidak beraturan akibat pemanasan dengan gelombang mikro.

Tabel 6.  
Sifat Thermal Karbon Hitam Bambu (TGA)

Material	T <sub>-5</sub> (°C)	T <sub>-10</sub> (°C)	% berat (yield) 800 °C	Kalorimetri
Bambu Petung Hijau	284	295	36	2763
Bambu Ori Hijau	276	291	29	2196
Bambu Petung 800 Watt dan t = 3 menit	349	637	70	4408
Bambu Ori 800 Watt dan t = 2 menit	463	518	75	-
Bambu Petung Pemanasan Kombinasi	445	498	76	5965

Tabel 7.  
Hasil Pengujian Kalorimetri

Material	Kalorimetri (cal/g)
Bambu Petung Hijau	2763
Bambu Ori Hijau	2196
Bambu Petung 800 Watt, 3 menit	4408
Bambu Petung Kombinasi	5965



Gambar.12. Grafik Pengujian TGA

Sedangkan pada gambar 11 (b) menunjukkan bahwa bambu ori dengan pemanasan gelombang mikro masih tetap terlihat jelas adanya lignin dan selulosa pada bambu ori. Gambar bagian atas yaitu menunjukkan gambar arah serat yang homogen atau searah semua. Sedangkan gambar bagian bawah menunjukkan morfologi dari lignin (matriks) bambu ori.

#### E. Hasil Pengujian TGA

Pengujian TGA yang dilakukan yaitu material bambu petung hijau, bambu ori hijau, bambu petung daya 800 Watt dengan radiasi gelombang mikro selama 3 menit, bambu ori daya 800 Watt dengan radiasi gelombang mikro selama 2 menit, dan bambu petung pemanasan kombinasi. Berikut adalah tabel 6 dari pengujian TGA.

Pengujian TGA ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas thermal dari semua sampel. Pada tabel 8 menunjukkan bahwa stabilitas termal yang paling baik yaitu pada bambu ori 800 watt 2 menit. Dapat dilihat pada tabel 6, bahwa bambu ori pemanasan gelombang mikro memiliki berat sisa 75% pada temperatur 800 °C. Bambu ori kehilangan berat 5% pada temperatur 463 °C dan kehilangan berat 10% pada temperatur 518 °C. Bambu petung dengan pemanasan gelombang mikro memiliki berat sisa 70% pada temperatur 800 °C. Bambu petung ini kehilangan berat 5% pada temperatur 349 °C dan kehilangan berat 10% pada temperatur 673 °C.

Pada tabel 6 terlihat bahwa bambu petung hijau memiliki berat sisa 36% pada temperatur 800 °C. Bambu petung kehilangan berat 5% pada temperatur 284 °C dan kehilangan berat 10% pada temperatur 295 °C. Sedangkan bambu ori hijau memiliki berat sisa 29% pada temperatur 800 °C. Bambu ori hijau kehilangan berat 5% pada temperatur 276 °C dan kehilangan berat 10% pada temperatur 291 °C.

Pada gambar 13 terlihat bahwa grafik yang paling curam ditunjukkan oleh grafik bambu ori hijau, karena bambu ori hijau memiliki berat sisa yang paling rendah. Sedangkan bambu ori 800 watt 2 menit memiliki stabilitas thermal yang baik. Hal ini ditunjukkan oleh gambar grafik yang tidak menurun curam karena pada tabel 6, bambu ori 800 watt 2 menit masih memiliki berat sisa sebanyak 75%.

#### F. Hasil Pengujian Kalorimetri

Pengujian kalorimetri bertujuan untuk mengetahui nilai kalor yang ada pada suatu material. Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai kalorimetri yang paling tinggi terlihat pada karbon percetakan. Sedangkan nilai kalorimetri yang paling rendah terlihat pada bambu ori hijau. Nilai kalor pada bambu petung hijau yaitu 2763 cal/g, bambu ori hijau yaitu 2196 cal/g. Sedangkan pada bambu petung 800 watt, 3 menit yaitu 4408 cal/g, bambu petung pemanasan kombinasi yaitu 5965. Karbon percetakan memiliki nilai kalor sebesar 8898 cal/g, arang sebesar 7166 cal/g, dan grafit sebesar 6913 cal/g.

## IV. KESIMPULAN

Semakin lama pemanasan gelombang mikro pada bambu, maka berat sisa yang dihasilkan semakin sedikit. Semakin tinggi daya pada pemanasan gelombang mikro, maka karbon yang dihasilkan semakin homogen. Waktu pemanasan gelombang mikro yang semakin lama, mengakibatkan karbon yang terbentuk semakin baik dan homogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Blythe, "Electrical properties of polymer," Cambridge University Press, London (2001).
- [2] Jr. Callister, W. D. "Material science and engineering an introduction," Sixth Edition, Jhon Wiley and Son, INC. New York (2004).
- [3] J. Ginting, "Efek larutan elektrolit dan temperatur terhadap sifat NTC/PTC karbon tempurung kelapa, N 330 dan grafit," Tesis pada Sekolah Pascasarjana: Universitas Sumatra Utara. Medan (2008).
- [4] L. Benguigui, J. Yacubowicz, M. Narkis, "On the percolative behavior of carbon black cross-linked polyethylene systems," J. Polymer Engineering and Science. (1990). Vol. 26: 1568 – 1573. Jhon Wiley and Son, Inc. New York.
- [5] L. Bateman, "The chemistry and physics of rubber-like substances," Jhon Wiley and Son, New York (1997).
- [6] L. K. Edward, Mui, W. H. Cheung, M. Valix, G. Mckay, "Activated Carbons from Bamboo Scaffolding Usid Acid Activation," Serparation and Purification Technology (2010). (74) 213-218.
- [7] M. Supeno, Surdia, M. M. 1992. "Efek Benzoi Peroksida Dalam Campuran Polietilena Karbon," Master Thesis. Institut Teknologi Bandung.
- [8] R. T. S. Frilla, E. Handoko, B. Soegijono, Umiyatin, Linah, R. Agustri'any, 2008. "Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori pada Arang Bambu," Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II. Lampung.
- [9] W. Liesse, 1980. "Preservation of Bamboo, in Lessard, G. & Chouinard, A.; Bamboo Research in Asia," pp. 165-172. IDRC. Canada.
- [10] Wa. Souhong, 2002. "Polymer Interface and Adhesion," Marker Dekker, New York.